

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
25. Oktober 2001 (25.10.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/80340 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01M 8/04**
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE01/01455**
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
6. April 2001 (06.04.2001)
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:  
100 20 126.1 14. April 2000 (14.04.2000) DE  
100 30 709.4 23. Juni 2000 (23.06.2000) DE
- (71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **MANNESMANN AG [DE/DE]; Mannesmannufer 2, 40213 Düsseldorf (DE).**
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **KLOS, Holger [DE/DE]; Dollmannstr. 15, 81541 München (DE). KAH, Michael [DE/DE]; Erikastr. 10, 85521 Riemerlind (DE). GOLDNER, Robert [DE/DE]; Brennerstr. 16, 82194 Gröbenzell (DE). GÖSCHL, Thomas [DE/DE]; Bahnhofstr. 17, 85540 Haar (DE).**
- (74) Anwalt: **MEISSNER, P., E.; Meissner & Meissner, Hohenzollerndamm 89, 14199 Berlin (DE).**
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): **CA, JP, US.**
- (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): **europeisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).**

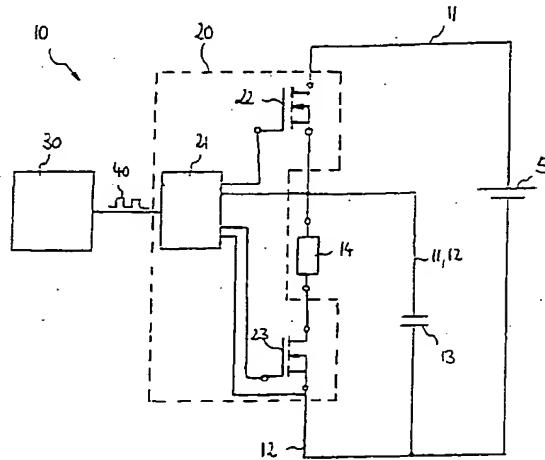
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CIRCUIT FOR GENERATING VOLTAGE PULSES AND IMPRESSING VOLTAGE PULSES UPON A FUEL CELL AND FUEL CELL SYSTEM

(54) Bezeichnung: SCHALTUNGSANORDNUNG ZUM ERZEUGEN VON SPANNUNGSPULSEN UND ZUM AUFPRÄGEN DER SPANNUNGSPULSE AUF EINE BRENNSTOFFZELLE SOWIE BRENNSTOFFZELLENSYSTEM



**WO 01/80340 A1**

(57) Abstract: Disclosed is a circuit for generating voltage pulses and impressing voltage pulses upon a fuel cell. The voltage pulses are produced in a pulse generator (30). The pulse generator is connected to a charge/discharge circuit (11, 12) provided with at least one fuel cell (51) and at least one capacitor (13) by means of a circuit consisting of a driver element (21) and two transistors (22, 23). According to the adjustment of the circuit, the charge/discharge circuit can act as a pure charge circuit (11) or a pure discharge circuit (12) in relation to the capacitor. When the charge/discharge circuit acts as a charge circuit, the voltage pulses are impressed upon the fuel cell, resulting in modification of the fuel cell potential and oxidization of the harmful concentration of carbon monoxide in the fuel cell. The electric charges thus released can be temporarily stored in the capacitor (13). When the circuit is reversed, the capacitor can be discharged and the energy can be used for a load (14). The duration and distance of the voltage pulses can also be varied by the pulse generator.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

**(57) Zusammenfassung:** Es wird eine Schaltungsanordnung zum Erzeugen von Spannungspulsen und zum Aufprägen der Spannungspulse auf eine Brennstoffzelle beschrieben, wobei die Spannungspulse in einem Pulsgenerator (30) erzeugt werden. Der Pulsgenerator ist über eine aus einem Treiberelement (21) und zwei Transistoren (22, 23) bestehende Schalteranordnung mit einem Lade-/Entladekreis (11, 12) verbunden, in dem wenigstens eine Brennstoffzelle (51) und wenigstens eine Kapazität (13) vorgesehen ist. Je nach Einstellung der Schalteranordnung kann der Lade-/Entladekreis in Bezug auf die Kapazität als reiner Ladekreis (11) oder reiner Entladekreis (12) fungieren. Wenn der Lade-/Entladekreis als Ladekreis fungiert, werden die Spannungspulse auf die Brennstoffzelle aufgeprägt, wodurch sich das Brennstoffzellenpotenzial ändert und schädliche Konzentrationen an Kohlenmonoxid in der Brennstoffzelle oxidiert werden. Die dabei frei werdenden elektrischen Ladungen können in der Kapazität (13) zwischengespeichert werden. Bei entsprechender Umschaltung der Schalteranordnung kann die Kapazität entladen und die Energie für eine Last (14) genutzt werden. Über den Pulsgenerator können weiterhin die Pulsdauer und der Pulsabstand der Spannungspulse variiert werden.

**Schaltungsanordnung zum Erzeugen von Spannungspulsen und zum  
Aufprägen der Spannungspulse auf eine Brennstoffzelle sowie  
Brennstoffzellensystem**

**Beschreibung**

10

Die vorliegende Erfindung betrifft generell eine Schaltungsanordnung zum Erzeugen von Spannungspulsen und zum Aufprägen der Spannungspulse auf eine Brennstoffzelle, ein Brennstoffzellensystem sowie eine vorteilhafte Verwendung der Schaltungsanordnung.

Brennstoffzellen sind bereits seit langem bekannt und haben insbesondere im Bereich der Automobilindustrie in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen.

20 In einer Brennstoffzelle, beispielsweise einer PEM-Brennstoffzelle, wird durch eine chemische Reaktion Strom erzeugt. Dabei wird ein Brennstoff wie beispielsweise Wasserstoff und ein Oxidationsmittel wie beispielsweise Sauerstoff in elektrische Energie und ein Reaktionsprodukt wie beispielsweise Wasser umgewandelt. Eine Brennstoffzelle besteht im wesentlichen aus einem Anodenteil, einer Membran und einem Kathodenteil. Die Membran besteht aus einem gasdichten und protonenleitenden Material und ist zwischen der Anode und der Kathode angeordnet, um Ionen auszutauschen. Auf der Seite der Anode wird der Brennstoff zugeführt, während auf der Seite der Kathode das Oxidationsmittel zugeführt wird. An der Anode werden durch katalytische Reaktionen Protonen, d.h. Wasserstoffionen erzeugt, die sich durch die Membran zur Kathode bewegen. An der Kathode reagieren die Wasserstoffionen mit dem Sauerstoff, und es bildet sich Wasser. Die bei der Reaktion abgegebenen Elektronen lassen sich als elektrischer Strom durch einen Verbraucher leiten, beispielsweise den Elektromotor eines Automobils.

25

30

Will man die Brennstoffzelle mit einem leicht verfügbaren oder zu speichernden Brennstoff wie Erdgas, Methanol, Benzin oder dergleichen betreiben, muss man diese Kohlenwasserstoffe in einer Anordnung zum Erzeugen/Aufbereiten eines Brennstoffs zunächst in ein wasserstoffreiches Gas umwandeln. Dabei entsteht im wesentlichen Wasserstoff, Kohlendioxid und auch in gewissem Umfang Kohlenmonoxid (CO), das ein für die Brennstoffzelle schädliches Gas darstellt und deshalb vor Eintritt des Brennstoffs in die Brennstoffzelle möglichst weitgehend entfernt werden sollte.

In der Brennstoffzelle kann das Kohlenmonoxid ab einer bestimmten Konzentration dazu führen, dass sich die von der Brennstoffzelle abgegebene Leistung verringert und folglich der Wirkungsgrad der Brennstoffzelle stark reduziert wird.

Um eine solch schädliche Einflussnahme von Kohlenmonoxid (CO) auf die Brennstoffzelle verhindern zu können, ist in der DE 197 10 819 C1, deren Offenbarungsgehalt in die vorliegende Anmeldung einbezogen wird, eine Brennstoffzelle beschrieben worden, bei der Leistungseinbussen auf Grund von am Anodenkatalysator absorbierten Verunreinigungen vermieden werden sollen. Dies wird dadurch erreicht, dass die Brennstoffzelle mit Mitteln verbunden ist, die der Anode der Brennstoffzelle einen positiven Spannungspuls aufprägen. Durch die Aufprägung des Spannungspulses wird eine pulsförmige Änderung des Anodenpotenzials bewirkt, die dazu führt, dass das in der Brennstoffzelle befindliche Kohlenmonoxid oxidiert wird. Die Spannungspulse können auf die Brennstoffzelle aufgeprägt werden, indem eine externe Gleichspannungsquelle über einen Schalter zeitweilig mit der Brennstoffzelle verbunden wird.

In der DE 197 10 819 C1 ist zwar bereits in allgemeiner Weise beschrieben worden, dass die Oxidation von Kohlenmonoxid vorteilhaft über das Aufprägen von Spannungspulsen auf die Brennstoffzelle erfolgen kann. Das in dieser Druckschrift beschriebene Beispiel einer dazu vorgesehenen Schaltungsanordnung weist aber noch eine Reihe von Nachteilen auf. So kann beispielsweise die elektrische Energie, die für die Aufprägung des Spannungspulses auf die Brennstoffzelle aufgewandt wird, nicht weiter verwertet werden, geht also verloren. Auch ist zur Bereitstellung der elektrischen Energie für die Spannungspulsgenerierung immer eine separate, externe Spannungsquelle erforderlich. Schließlich ist es mit der bekannten Schaltungsanordnung nicht möglich, die auf die Brennstoffzelle aufgeprägten

Spannungspulse in ihrer Größe und Form steuern oder regeln zu können, um diese an verschiedene Betriebszustände und Betriebssituationen anpassen zu können.

Ausgehend vom dem in der DE 197 10 819 beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, eine verbesserte Schaltungsanordnung sowie ein verbessertes Brennstoffzellensystem bereitzustellen, mit dem insbesondere die vorstehend beschriebenen Nachteile vermieden werden können.

- 10 Diese Aufgabe wird gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung gelöst durch eine Schaltungsanordnung zum Erzeugen von Spannungspulsen und zum Aufprägen der Spannungspulse auf eine Brennstoffzelle, mit einem Pulsgenerator zum Erzeugen der Spannungspulse, einem mit dem Pulsgenerator verbundenen Lade-/Entladekreis, in dem wenigstens eine Brennstoffzelle und wenigstens eine Kapazität vorgesehen ist, und mit einer Schalteranordnung zum Schalten des Lade/Entladekreises in Bezug auf die Kapazität in einen Ladekreis oder einen Entladekreis.

Durch die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung wird es zum einen möglich, Spannungspulse auf eine Brennstoffzelle aufprägen zu können, wodurch die weiter oben beschriebenen Vorteile im Hinblick auf die Oxidation von schädlichen Stoffen wie beispielsweise Kohlenmonoxid erreicht werden können. Die Spannungspulse werden dabei vorteilhaft der Anode der Brennstoffzelle aufgeprägt.

25 Durch diese Aufprägung wird eine pulsförmige Änderung des Anodenpotenzials bewirkt.

Durch den in der Schaltungsanordnung vorgesehenen Pulsgenerator wird es ermöglicht, die Spannungspulse regeln beziehungsweise steuern zu können, so dass je nach Betriebssituation und Betriebszustand Spannungspulse mit unterschiedlicher Größe und Form erzeugt und auf die Brennstoffzelle aufgeprägt werden können.

Schließlich wird es durch die Verwendung einer Kapazität im Lade-/Entladekreis möglich, elektrische Energie zu speichern. Wenn der Brennstoffzelle, insbesondere der Anode, Spannungspulse aufgeprägt werden, erhöht sich deren Anodenpotenzial.

35 Gleichzeitig wird die Klemmenspannung der Brennstoffzelle verringert, da Strom aus

der Brennstoffzelle abgezogen wird. Diese elektrischen Ladungen können von der Kapazität gespeichert werden. Über die Spannungspulse wird die Brennstoffzelle so lange polarisiert, bis das Potenzial zur Oxidation der schädlichen Stoffe, beispielsweise von Kohlenmonoxid, erreicht ist.

5 Kohlenmonoxid lagert sich auf dem Katalysator der Brennstoffzelle an, so dass diese von Kohlenmonoxid belegten Katalysatorbereiche nicht mehr für die Wasserstoffanlagerung zur Verfügung stehen. Dieser negative Effekt wird als Vergiftung der Brennstoffzelle bezeichnet. Durch eine Oxidation des Kohlenmonoxids kann diese Anlagerung des Kohlenmonoxids rückgängig gemacht werden, was 10 schließlich zu einer Entgiftung der Brennstoffzelle führt.

Um die Kapazität laden zu können, wird der Lade-/Entladekreis über die Schalteranordnung während der Spannungspulsaufprägung derart geschaltet, dass er 15 in Bezug auf die Kapazität einen Ladekreis bildet. Durch die Verwendung wenigstens eines Kondensators wird erreicht, dass die bei der Aufprägung von Spannungspulsen auf die Brennstoffzelle frei werdenden elektrischen Ladungen nicht verloren gehen, sondern weiter genutzt werden können. Um diese Ladungen nutzen zu können, was einer Entladung der Kapazität entspricht, wird die Schalteranordnung nach der 20 Spannungspulsaufprägung derart geschaltet, dass der Lade-/Entladekreis als Entladekreis fungiert.

Bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

25 Vorteilhaft kann in dem Entladekreis eine Last vorgesehen sein. An diese Last kann die in der Kapazität gespeicherte Energie abgegeben werden. Dabei ist die Erfindung nicht auf bestimmte Ausgestaltungsformen der Last beschränkt.

30 So ist es beispielsweise denkbar, dass die Last als Lastwiderstand und /oder Spule und/oder als sonstiger nutzbarer elektrischer Verbraucher ausgebildet ist. Wenn die Last als Lastwiderstand ausgebildet ist, wird die Kapazität bei Aufprägung von Spannungspulsen auf die Brennstoffzelle geladen und anschließend über den Lastwiderstand wieder entladen. Die übertragene elektrische Ladung wird dabei im 35 Lastwiderstand in Wärme umgesetzt. Es ist jedoch auch möglich, die in der Kapazität

gespeicherte Energie sinnvoll zu nutzen. Hierbei kann an die Stelle des Lastwiderstands ein nützlicher Verbraucher wie beispielsweise eine aufladbare Batterie oder dergleichen treten, die dann über die Kapazität geladen werden kann. Im Hinblick auf die vorliegende Erfindung ist jedoch auch jeder andere geeignete Verbraucher denkbar.

Vorzugsweise kann die Kapazität als Ultra-Kondensator (UltraCap) ausgebildet sein. Derartige Kondensatoren, die an sich aus dem Stand der Technik bekannt sind, verfügen neben einer hohen Kapazität auch über eine besonders hohe

Leistungsdichte. Sie sind somit geeignet, innerhalb kurzer Zeiten große Energiemenge zu speichern oder abgeben zu können. Ultra-Kondensatoren werden häufig auch als Superkondensatoren oder Doppelschichtkondensatoren bezeichnet und liegen in bezug auf ihre Energiedichte sowie die Zugriffszeit auf den Energieinhalt zwischen großen Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren und kleineren Akkumulatoren.

Vorteilhaft kann der Pulsgenerator zur Erzeugung von im wesentlichen rechteckigen Spannungspulsen ausgebildet sein. Derartige Spannungspulse, die vorzugsweise als positive Spannungspulse ausgebildet sind, ermöglichen auf Grund ihrer steilen Flanken ein besonders genaues Schalten innerhalb der Schaltungsanordnung.

Vorteilhaft können die Spannungspulse eine variable Pulsdauer und/oder einen variablen Pulsabstand aufweisen. Die Definition dieser Begriffe ergibt sich dabei aus der Figur 1, die den zeitlichen Verlauf der Spannung schematisch wiedergibt. Darin ist die Pulsdauer des Spannungspulses mit D und der Pulsabstand als zeitlicher

Zwischenraum zwischen zwei Pulsen mit A bezeichnet. Der Buchstabe F in Figur 1 bezeichnet die Pulsfrequenz. Der zeitliche Abstand (Periode) zwischen dem Beginn eines Pulses und dem Beginn des unmittelbar darauf folgenden Pulses entspricht dabei dem Kehrwert der Pulsfrequenz F. Die Erfindung ist nicht auf bestimmte Pulsdauern, Pulsabstände oder Pulsfrequenzen beschränkt. Vorteilhafte Pulsdauern können sich beispielsweise im Bereich zwischen 10 msec und 10 sec, vorzugsweise in einem Bereich zwischen 100 msec und 7 Sekunden bewegen. Nicht ausschließliche Beispiele für geeignete Pulsabstände liegen im Bereich zwischen 500 msec und 2 Sekunden.

Der Pulsgenerator kann vorteilhaft eine Schaltung zur Kalibrierung der Pulsdauer der Spannungspulse aufweisen. Bei Verwendung einer solchen Schaltung kann die Pulsfrequenz beispielsweise fest vorgegeben sein. Auch die Pulsdauer und der Pulsabstand sind im wesentlichen festgelegt. Über die Schaltung wird lediglich die Pulsdauer kalibriert, was bedeutet, dass eine Feineinstellung der Pulsdauer vorgenommen werden kann. Bei dieser Ausgestaltungsform handelt es sich um eine weitgehend „starre“ Möglichkeit zur Erzeugung von Spannungspulsen.

In weiterer Ausgestaltung kann der Pulsgenerator eine Schaltung zum variablen Einstellen des Verhältnisses von Pulsdauer zu Pulsabstand der Spannungspulse aufweisen. Durch eine solche Schaltung wird es möglich, dass innerhalb der Pulsfrequenz, die wiederum fest vorgegeben sein kann, das Verhältnis, das auch Duty Cycle genannt wird, zwischen Pulsdauer und Pulsabstand beliebig eingestellt werden kann.

Die im Hinblick auf die beiden genannten Schaltungen beschriebene Einstellung der Pulsdauer und/oder des Pulsabstands kann beispielsweise über ein oder mehrere Potentiometer erfolgen. Potentiometer sind an sich aus dem Stand der Technik bekannt. Hierbei handelt es sich um stetig regelbare elektrische Widerstände, die einen Schleifkontakt zum Abgreifen von Teilwiderständen aufweisen. Potentiometer können beispielsweise als Schiebe- oder Drehwiderstände ausgebildet sein.

In weiterer Ausgestaltung kann der Pulsgenerator einen Zählerbaustein aufweisen, der mit der Schaltung zur Kalibrierung der Pulsdauer verbunden ist. Mit Hilfe eines solchen Zählerbausteins und einer wie oben beschriebenen entsprechenden Schaltung können die benötigten Spannungspulse erzeugt werden. Der Zählerbaustein kann beispielsweise über einen sogenannten „Clock-Eingang“ verfügen, über den die von der Schaltung abgehenden Signale in den Zählerbaustein eingespeist werden. Bei Zählerbausteinen, die an sich aus dem Stand der Technik bekannt sind, handelt es sich allgemein um sequentielle Schaltungen zum Zählen von Impulsen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform kann der Pulsgenerator jeweils eine oder beide der vorgenannten Schaltungen aufweisen. Im letztgenannten Fall wird es möglich, Spannungspulse mit jeder beliebigen Pulsdauer und jedem beliebigen Pulsabstand einzustellen zu können. Bei Verwendung beider Schaltungen kann der Pulsgenerator

vorteilhaft ein Schaltelement zum wahlweisen Umstellen zwischen den beiden Schaltungen aufweisen. Dabei ist die Erfindung nicht auf bestimmte Schaltelementtypen beschränkt. Beispielsweise kann das Schaltelement als Transistorschaltung oder dergleichen ausgebildet sein.

5

In weiterer Ausgestaltung kann die Schalteranordnung für die Schaltung des Lade/Entladekreises ein Treiberelement und einen oder mehrere Transistoren aufweisen. Bei Verwendung einer solchen Schalteranordnung können die in den beiden vorstehend beschriebenen Schaltungen erzeugten Impulse zunächst auf das Treiberelement geschaltet werden. Das Treiberelement sorgt für ein überlappungsfreies Hin- und Herschalten des/der Transistors/Transistoren zwischen Lade- und Entladezyklus der Kapazität.

10

Der oder die Transistoren kann/können vorteilhaft als Feldeffekttransistoren, beispielsweise als MOSFET-Transistoren, ausgebildet sein.

Das in der Schalteranordnung für die Schaltung des Lade/Entladekreises vorgesehene Treiberelement kann wie ein Wechselschalter fungieren, der einzelne Transistoren leitend und andere Transistoren sperrend schaltet. Dies soll an Hand eines konkreten Beispiels erläutert werden.

Beispielsweise kann die Schalteranordnung ein Treiberelement und zwei Transistoren aufweisen. Um Spannungspulse auf die Brennstoffzelle aufprägen zu können, kann einer der Transistoren über das Treiberelement leitend geschaltet werden, während der andere Transistor sperrend geschaltet wird. Dadurch wird der Lade-/Entladekreis in einen reinen Ladekreis umgewandelt, so dass die Kapazität, beispielsweise der UltraCap-Kondensator, geladen werden kann. Durch die Aufprägung der Spannungspulse beispielsweise auf die Anode der Brennstoffzelle, erhöht sich das Anodenpotenzial, wobei gleichzeitig die Klemmenspannung verringert und Strom aus der Brennstoffzelle gezogen wird. Diese elektrischen Ladungen werden in der Kapazität gespeichert. Die Kapazität kann anschließend, wenn keine Spannungspulse aufgeprägt werden, entladen werden. Dazu werden die Transistoren über das Treiberelement derart geschaltet, dass der zunächst leitende Transistor sperrt und dass der zuvor sperrende Transistor leitend geschaltet wird. Dadurch wird der Lade-/Entladekreis als reiner Entladekreis ausgebildet, so dass die Kapazität entladen

und die in der Kapazität gespeicherte elektrische Energie für beliebige Verbraucher beziehungsweise einen Lastwiderstand genutzt werden kann.

- Vorteilhaft kann im Entladekreis eine Anordnung zum zeitlichen Glätten des während  
5 der Entladung der Kapazität über die Last abgegebenen elektrischen Stroms vorgesehen sein. Eine solche Glättung des Stroms ist in der Regel dann erforderlich, wenn über die in der Kapazität gespeicherte elektrische Ladung nutzbare Verbraucher betrieben werden sollen. Üblicherweise erfolgt die Ladung beziehungsweise Entladung einer Kapazität entlang eines nicht linearen kurvenförmigen Verlaufs. Eine solche  
10 Entladungskurve ist jedoch für nachgeschaltete Verbraucher häufig wenig geeignet. Durch eine entsprechende Anordnung zum Glätten des von der Kapazität abgegebenen Stroms kann erreicht werden, dass die von der Kapazität abgegebene Energie entsprechend dem Bedarf des jeweils nachgeschalteten Verbrauchers in zeitlich „gestreckter“ Form zur Verfügung gestellt wird.
- 15 Vorteilhaft kann die Anordnung zum Glätten eine Diode und eine dazu in Reihe geschaltete Kapazität aufweisen. Die Anordnung kann entweder parallel zur Last oder aber parallel zur wenigstens einen Kapazität in der Schaltungsanordnung vorgesehen sein.
- 20 Die Diode, die eine Schottky-Diode, eine Low-Schottky-Diode oder dergleichen sein kann hat die Aufgabe, zu verhindern, daß die mit ihr in Reihe geschaltete Kapazität über die Last oder die wenigstens eine Kapazität im Lade-/Entladekreis entladen wird. Bei geeigneter Auswahl der in der Anordnung zum Glätten vorgesehenen Kapazität  
25 kann eine gute Gleichspannung erzeugt werden, die weiteren Verbrauchern zur Verfügung gestellt werden kann.
- In anderer Ausgestaltung kann die Anordnung zum Glätten eine Kapazität und einen dazu in Reihe geschalteten Transistor aufweisen. Die Anordnung kann entweder parallel zur Last, oder aber parallel zur wenigstens einen Kapazität in der Schaltungsanordnung vorgesehen sein.
- Über eine geeignete Auswahl der in der Anordnung zum Glätten vorgesehenen Kapazität kann wiederum eine gute Gleichspannung erzeugt werden. Der Transistor,

bei dem es sich beispielsweise um einen Feldeffektransistor handeln kann, kann im gleichen Takt wie einer der Transistoren in der Schalteranordnung geschaltet sein.

Eine Anordnung zum Glätten in den zuvor beschriebenen Ausführungsformen kann  
5 aber auch auf ganz andere Weise in der Schaltungsanordnung integriert werden.  
Wenn die Last als Spule ausgebildet ist, kann beim Entladen der im Lade-/  
Entladekreis vorgesehenen wenigstens einen Kapazität ein Strom durch die Spule  
fließen, der dann in dieser ein Magnetfeld aufbaut. Wenn der Strom abgeschaltet wird,  
etwa indem der entsprechende Transistor in der Schalteranordnung sperrt, wird die  
10 magnetische Energie in der Spule in einen kurzen aber hohen Spannungspuls  
umgesetzt. Dieser fließt dann in die Kapazität der Anordnung zum Glätten. Über die  
ebenfalls vorgesehene Diode oder den Transistor wird verhindert, daß sich die  
Kapazität in ungewollter Weise entlädt. Bei einer solchen Ausführungsform ist die  
Anordnung zum Glätten der Last (Spule) vorzugsweise nachgeschaltet.

15

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung kann zeitweilig auch durch eine andere  
Spannungsquelle ersetzt werden, die Spannungspulse zur Aufprägung auf die  
Brennstoffzelle erzeugt, wenn die Brennstoffzelle oder das System von  
Brennstoffzellen selbst nicht in der Lage ist, die erforderliche elektrische Energie für  
20 den Betrieb der Schaltungsanordnung bereitzustellen. In diesem Fall ist eine solche  
Spannungsquelle zweckmäßig über eine Schaltseinrichtung alternativ zur  
Schaltungsanordnung mit der Brennstoffzelle verbindbar. Sobald die Brennstoffzelle  
wieder genügend Energie für den Betrieb der Schaltungsanordnung zur Verfügung  
stellen kann, wird die andere Spannungsquelle über die Schaltseinrichtung wieder  
25 abgeschaltet.

Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein  
Brennstoffzellensystem bereitgestellt, mit einer oder mehreren Brennstoffzellen und  
einer wie vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung zum  
30 Erzeugen von Spannungspulsen und zum zumindest zeitweiligen Aufprägen der  
Spannungspulse auf die Brennstoffzelle(n).

Bei einem solchen erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem kann zunächst auf  
einfache Weise erreicht werden, dass durch das Aufprägen von Spannungspulsen eine

Vergiftung der Brennstoffzelle(n) durch darin befindliches Kohlenmonoxid oder dergleichen verhindert bzw. rückgängig gemacht wird. Weiterhin können die während des Aufprägens der Spannungspulse aus der oder den Brennstoffzelle(n) freigesetzten elektrischen Ladungen zwischengespeichert und anschließend beliebigen

- 5 Verbrauchern zur Verfügung gestellt werden. Schließlich ist es möglich, der oder den Brennstoffzelle(n) Spannungspulse aufprägen zu können, die an eine jeweils vorherrschende Betriebssituation angepaßt sind. Zu den Vorteilen, Wirkungen, Effekten und der Funktionsweise des erfindungsgemäßigen Brennstoffzellensystems wird ebenfalls auf die vorstehenden Ausführungen zur erfindungsgemäßigen  
10 Schaltungsanordnung vollinhaltlich Bezug genommen und hiermit verwiesen.

Vorteilhafte Ausgestaltungsformen des erfindungsgemäßigen Brennstoffzellensystem ergeben sich aus den Unteransprüchen.

- 15 Vorteilhaft kann der Pulsgenerator zum Bezug der zur Erzeugung der Spannungspulse benötigten elektrischen Energie mit einer oder mehreren Brennstoffzellen verbunden sein. Auf diese Weise kann auf eine separate Leistungsquelle in Form einer Batterie, wie dies beispielsweise in Bezug auf die DE 197 10 819 beschrieben war, verzichtet werden. Bei einer derartigen Ausgestaltung des Brennstoffzellensystems kann nämlich  
20 die zur Erzeugung der Spannungspulse erforderlich Energie vom Brennstoffzellensystem selbst bereitgestellt werden.

- Es ist jedoch auch möglich, dass der Pulsgenerator zum Bezug der zur Erzeugung der Spannungspulse benötigten elektrischen Energie mit einer Batterie verbunden ist. Eine  
25 solche Ausgestaltungsform des Brennstoffzellensystems ist beispielsweise während des Startvorgangs, das heißt während des Hochfahrens des Brennstoffzellensystems, von Vorteil. Während des Startvorgangs produziert die Brennstoffzelle noch nicht in ausreichendem Maße elektrische Energie. Allerdings kann gerade in dieser Phase die  
30 Situation auftreten, dass die Brennstoffzelle mit einem erhöhten Kohlenmonoxidgehalt oder anderen Schadstoffen belastet wird. In diesem Fall können über die zusätzliche Batterie auch während des Startvorgangs des Brennstoffzellensystems Spannungspulse auf die Brennstoffzelle(n) aufgeprägt werden, so dass eine Entgiftung der Brennstoffzelle(n) über die Oxidation der schädlichen Stoffe auf Grund des sich  
35 ändernden Potenzials, insbesondere des Anodenpotenzials, innerhalb der Brennstoffzelle zu jeder Zeit möglich ist.

Vorteilhaft kann das Brennstoffzellensystem ein oder mehrere Brennstoffzellenmodule mit jeweils einer oder mehreren Brennstoffzellen aufweisen. Üblicherweise bestehen Brennstoffzellensysteme nicht nur aus einer einzigen Brennstoffzelle sondern aus einer Vielzahl von Brennstoffzellen. Dabei werden mehrere Brennstoffzellen zu sogenannten Brennstoffzellen-Stacks zusammengefügt. Das Brennstoffzellensystem kann über ein oder mehrere solcher Brennstoffzellen-Stacks verfügen, die dann als einzelne Brennstoffzellenmodule zu einem Gesamtsystem zusammengefügt werden.

10 Vorteilhaft ist es, wenn die von der Schaltungsanordnung erzeugten Spannungspulse lediglich auf einen Teil der Brennstoffzellenmodule beziehungsweise Brennstoffzellen unabhängig von anderen Brennstoffzellenmodulen beziehungsweise Brennstoffzellen des Brennstoffzellensystems aufgeprägt werden. Eine solche Ausgestaltung des Brennstoffzellensystems führt zu einer ganzen Reihe von Vorteilen. Wenn die 15 Spannungspulse auf die Brennstoffzelle(n) aufgeprägt werden, führt dies zwar zu einer Erhöhung des Potenzials, beispielsweise des Anodenpotenzials, innerhalb der Brennstoffzelle, jedoch auch zu einer Reduzierung der Brennstoffzellen-Klemmenspannung. Wenn nun alle Brennstoffzellen des Brennstoffzellensystems gleichzeitig mit den Spannungspulsen beaufschlagt würden, könnte dies zu jeweils 20 kurzzeitigen Totalausfällen des Brennstoffzellensystems führen. Wenn Brennstoffzellen zum Antrieb elektrischer Verbraucher, beispielsweise zum Antrieb von Elektromotoren in einem Automobil, verwendet werden, wäre ein solcher, wenn auch nur kurzzeitiger Totalausfall des Brennstoffzellensystems oder aber auch nur eine kurzzeitige erhebliche Leistungseinbuße des Brennstoffzellensystems von erheblichem Nachteil.

25 Wenn nun lediglich einzelne Brennstoffzellenmodule unabhängig voneinander mit Spannungspulsen beaufschlagt werden, führt dies dazu, dass solche kurzzeitigen Totalausfälle immer nur in einem kleinen Teilbereich des Brennstoffzellensystems auftreten, so dass die Leistungseinbußen des gesamten Systems minimal gehalten 30 werden können.

Weiterhin können in einem derart ausgebildeten Brennstoffzellensystem immer solche Brennstoffzellenmodule, die gerade nicht mit Spannungspulsen beaufschlagt werden, dazu verwendet werden, um elektrische Energie zur Erzeugung von Spannungspulsen

für solche Brennstoffzellenmodule bereitzustellen, denen entsprechende Spannungspulse zur Entgiftung aufgeprägt werden sollen.

Vorteilhaft kann eine wie vorstehend beschriebene erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zum Aufprägen von Spannungspulsen auf eine oder mehrere Brennstoffzellen in einem Brennstoffzellensystem, insbesondere einem wie vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem, verwendet werden.  
Vorteilhaft kann ein solches Brennstoffzellensystem in einem oder für ein Fahrzeug verwendet werden.

Auf Grund der rasanten Entwicklung der Brennstoffzellentechnologie im Fahrzeugsektor bietet eine solche Verwendung zur Zeit besonders gute Einsatzmöglichkeiten. Dennoch sind auch andere Einsatzmöglichkeiten denkbar. Zu nennen sind hier beispielsweise Brennstoffzellen für mobile Geräte wie Computer oder dergleichen bis hin zu stationären Einrichtungen wie Kraftwerksanlagen. Hier eignet sich die Brennstoffzellentechnik besonders für die dezentrale Energieversorgung von Häusern, Industrieanlagen oder dergleichen.

In bevorzugter Weise wird die vorliegende Erfindung in Verbindung mit Brennstoffzellen mit Polymermembranen (PEM) verwendet. Diese Brennstoffzellen haben einen hohen elektrischen Wirkungsgrad, verursachen nur minimale Emissionen, weisen ein optimales Teillastverhalten auf und sind im wesentlichen frei von mechanischem Verschleiß. Außerdem arbeiten sie auf einem für den mobilen Einsatz vorteilhaften Temperaturniveau, das bei etwa 80° liegt.

Die Erfindung wird nun auf exemplarische Weise an Hand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 den schematischen zeitlichen Verlauf eines Spannungspulses, der auf eine Brennstoffzelle aufgeprägt werden kann,
- Figur 2 in schematischer Form eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung,
- Figur 3 in schematischer Ansicht den Aufbau eines in der Schaltungsanordnung vorgesehenen Pulsgenerators,
- Figur 4 ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem,

Figur 5 eine erste Ausgestaltungsvariante für eine Anordnung zum Glätten der während der Entladung der Kapazität an die Last abgegebenen Energie, die in einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung gemäß Figur 2 realisiert ist;

5 Figur 6 eine zweite Ausgestaltungsvariante für eine Anordnung zum Glätten der während der Entladung der Kapazität an die Last abgegebenen Energie, die in einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung gemäß Figur 2 realisiert ist; und

10 Figur 7 eine dritte Ausgestaltungsvariante für eine Anordnung zum Glätten der während der Entladung der Kapazität an die Last abgegebenen Energie, die in einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung gemäß Figur 2 realisiert ist.

In Figur 2 ist eine Schaltungsanordnung 10 zum Erzeugen von Spannungspulsen 40 und zum Aufprägen der Spannungspulse 40 auf eine oder mehrere Brennstoffzellen 51 eines Brennstoffzellensystems 50 (siehe Figur 4) dargestellt. Der besseren Übersicht halber ist in Figur 2 nur eine einzige Brennstoffzelle 51 gezeigt.

20 Die Schaltungsanordnung 10 weist einen Pulsgenerator 30 auf, der in Verbindung mit Figur 3 detaillierter beschrieben wird und der im wesentlichen rechteckförmige Spannungspulse 40 erzeugt. Die Spannungspulse 40 weisen, wie dies in Figur 1 dargestellt ist, eine definierte Pulsfrequenz F, eine Pulsdauer D sowie einen Pulsabstand A auf.

25 Gemäß Figur 3 kann die Erzeugung der Rechteck-Spannungspulse 40 auf verschiedene Weise erfolgen. Zunächst wird der Pulsgenerator 30 über eine elektrische Leitung 31 mit elektrischer Energie versorgt, die in rechteckförmige Spannungspulse 40 umgewandelt werden soll. Dazu sind in dem Pulsgenerator 30 jeweils eine Schaltung 33 und eine Schaltung 34 vorgesehen, die über ein  
30 Schalterelement 35 wahlweise angesteuert werden können.

Bei der Schaltung 33 handelt es sich um eine solche Schaltung, bei der bei fest vorgegebener Pulsfrequenz F und im wesentlichen vorgegebener Pulsdauer D sowie Pulsabstand A die Pulsdauer D kalibriert, das heißt fein eingestellt werden kann. Die Kalibrierung beziehungsweise Feineinstellung kann beispielsweise mit Hilfe eines oder  
35

mehrerer nicht dargestellter Potentiometer erfolgen. Die so eingestellten Signale werden über einen Clock-Eingang 37 einem Zählerbaustein 36 zur Verfügung gestellt. Auf diese Weise werden die Spannungspulse in rechteckförmige Spannungspulse 40 mit der gewünschten Pulsdauer D und dem gewünschten Pulsabstand A umgewandelt werden. Bei entsprechender Stellung eines zweiten Schaltelementes 38 können die so erzeugten Spannungspulse 40 über eine elektrische Leitung 32 aus dem Pulsgenerator 30 abgeführt und anderen Bauelementen der Schaltungsanordnung 10 zugeführt werden.

- 10 Bei umgekehrter Stellung der Schaltelemente 35 und 38 ist es jedoch auch möglich, die rechteckförmigen Spannungspulse 40 über die Schaltung 34 zu erzeugen. Die Schaltung 34 kann unter Verwendung eines oder mehrerer nicht dargestellter Potentiometer derart ausgestaltet sein, dass über sie innerhalb einer vorgegebenen Pulsfrequenz F das Verhältnis (Duty Cycle) der Pulsdauer D zum Pulsabstand A beliebig variiert und eingestellt werden kann. Über die Schaltung 34 wird es somit möglich, Spannungspulse mit beliebiger Pulsdauer und beliebigem Pulsabstand zu erzeugen.

20 Zurückkommend auf Figur 2 werden die so erzeugten Spannungspulse 40 vom Pulsgenerator 30 an einen Lade-/Entladekreis 11, 12 der Schaltungsanordnung 10 gegeben. Dies erfolgt über eine Schalteranordnung 20. In dem Lade-/Entladekreis 11, 12 sind eine oder mehrere Brennstoffzellen 51 angeordnet. Weiterhin ist in dem Lade-/Entladekreis 11, 12 eine als UltraCap-Kondensator ausgebildete Kapazität 13 vorgesehen.

- 25 Die Schalteranordnung 20 verfügt über ein Treiberelement 21 sowie zwei Transistoren 22, 23, die vorzugsweise als Feldeffekttransistoren ausgebildet sind. Über das Treiberelement 21 können die Transistoren 22, 23 entweder leitend oder sperrend geschaltet werden.

- 30 Nachfolgend wird nun die Funktionsweise der Schaltungsanordnung 10 beschrieben. Wenn die Brennstoffzelle 51 mit Spannungspulsen 40 beaufschlagt werden soll, wird das Treiberelement 21 derart angesteuert, dass der Transistor 22 leitend und der Transistor 23 sperrend geschaltet wird. Dadurch wird der Lade-/Entladekreis 11, 12 in Bezug auf die Kapazität 13 als reiner Ladekreis 11 geschaltet. Die Brennstoffzelle 51

wird also gleichsam über die Kapazität 13 kurzzeitig kurzgeschlossen. Die Spannungspulse 40 werden somit über die vom Treiberelement 21 an den Transistor 22 gegebenen Steuersignale mittelbar auf die Brennstoffzelle 51 aufgeprägt. Dadurch wird das Brennstoffzellenpotenzial, beispielsweise das Anodenpotenzial, erhöht, was gleichzeitig zu einer Reduzierung der Klemmenspannung der Brennstoffzelle 51 führt, da Strom aus der Brennstoffzelle 51 gezogen wird. Durch das sich ändernde Potenzial kann in der Brennstoffzelle 51 vorhandenes Kohlenmonoxid oxidiert werden, so dass die Brennstoffzelle 51 entgiftet wird.

10 Da der Transistor 23 sperrend geschaltet ist, wird durch die in der Brennstoffzelle 51 ablaufenden Vorgänge der Kondensator 13 geladen. Die beim Aufprägen der Spannungspulse 40 auf die Brennstoffzelle 51 frei werdenden elektrischen Ladungen gehen somit nicht verloren, sondern können in dem Kondensator 13 zwischengespeichert werden.

15 Um den Kondensator 13 später entladen zu können, wird erneut die Schalteranordnung 20 betätigt. Dazu wird das Treiberelement 21 derart geschaltet, dass der Transistor 22 sperrend und der Transistor 23 leitend geschaltet wird. Dadurch wird der Lade-/Entladekreis 11, 12 als reiner Entladekreis 12 geschaltet, so dass der Kondensator 13 entladen und die darin gespeicherte elektrische Ladung einer Last 14 zur Verfügung gestellt werden kann. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 ist die Last 14 als Lastwiderstand dargestellt. Die elektrische Ladung aus dem Kondensator 13 wird in diesem Lastwiderstand 14 in Wärme umgewandelt. Es ist jedoch auch denkbar, die Last 14 in Form eines sinnvollen Verbrauchers wie beispielsweise einer aufladbaren Batterie oder dergleichen auszugestalten, so dass die im Kondensator 13 gespeicherte Energie bei dessen Entladung sinnvoll genutzt werden kann.

30 Vorteilhaft kann im Entladekreis 12 eine Anordnung 70 zum Glätten der während der Entladung der Kapazität 13 an die Last 14 abgegebenen Energie vorgesehen sein. Eine solche Glättung der Energie ist insbesondere dann erforderlich, wenn über die in der Kapazität 13 gespeicherte elektrische Ladung Verbraucher betrieben werden sollen. In den Figuren 5 bis 7 sind exemplarisch drei nicht ausschließliche Ausführungsbeispiele für geeignete Anordnungen 70 zum Glätten dargestellt. Die Anordnungen 70 sind jeweils in einer wie in Figur 2 dargestellten und beschriebenen

Schaltungsanordnung 10 integriert, so daß gleiche Bauelemente jeweils mit identischen Bezugsziffern bezeichnet sind. Auf eine erneute Beschreibung der gesamten Schaltungsanordnung 10 kann daher verzichtet und auf die Ausführungen zu Figur 2 verwiesen werden. Im Hinblick auf die Figuren 5 bis 7 wird das Augenmerk 5 nachfolgend nur auf die Anordnung 70 zum Glätten gerichtet.

In Figur 5 weist die Anordnung 70 zum Glätten eine Low-Schottky-Diode 71 und eine dazu in Reihe geschaltete Kapazität 72 auf. Die Anordnung 70 ist parallel zur Last 14 im Entladekreis 12 angeordnet, kann aber auch parallel zur wenigstens einen Kapazität 10 13 vorgesehen sein. Die Diode 71 hat die Aufgabe zu verhindern, daß die mit ihr in Reihe geschaltete Kapazität 72 über die Last 14 entladen wird. Bei geeigneter Auswahl der Kapazität 72 kann eine gute Gleichspannung erzeugt werden, die weiteren Verbrauchern (nicht dargestellt) zur Verfügung gestellt werden kann.

15 In Figur 6 weist die Anordnung 70 zum Glätten eine Kapazität 72 und einen dazu in Reihe geschalteten Transistor 73 auf. Die Anordnung 70 ist parallel zur wenigstens einen Kapazität 13 angeordnet, kann aber auch parallel zur Last 14 vorgesehen sein. Über eine geeignete Auswahl der in der Anordnung 70 zum Glätten vorgesehenen Kapazität 72 kann wiederum eine gute Gleichspannung erzeugt werden. Der Transistor 20 73, bei dem es sich beispielsweise um einen Feldeffekttransistor handelt, kann im gleichen Takt wie der Transistor 23 in der Schalteranordnung 20 und zu diesem parallel geschaltet sein.

25 In Figur 7 ist schließlich eine Anordnung 70 zum Glätten dargestellt, die auf ganz andere Weise in der Schaltungsanordnung 10 integriert ist. Im Unterschied zu den vorangegangenen Ausführungsbeispielen ist bei der in Figur 7 dargestellten Variante die Last 14 als Spule ausgebildet. Beim Entladen der im Entladekreis 12 vorgesehenen wenigstens einen Kapazität 13 fließt ein Strom durch die Spule 14 und baut in dieser ein Magnetfeld auf. Wenn der Strom abgeschaltet wird, etwa indem der entsprechende 30 Transistor 23 in der Schalteranordnung 20 sperrt, wird die magnetische Energie in der Spule 14 in einen kurzen aber hohen Spannungspuls umgesetzt. Damit wird die Kapazität 72 der Anordnung 70 zum Glätten beaufschlagt. Über die ebenfalls vorgesehene Diode 71 (oder einen entsprechenden Transistor) wird verhindert, daß sich die Kapazität 72 in ungewollter Weise entlädt. Bei einer solchen Ausführungsform

ist die Anordnung 70 zum Glätten der Spule 14 nachgeschaltet. Gleichzeitig ist die Anordnung 70 zum Transistor 23 parallelgeschaltet. Auch durch diese Ausführungsform läßt sich ein gut geglättetes Spannungssignal erzeugen, daß weiteren Verbrauchern zur Verfügung gestellt werden kann.

5

In Figur 4 ist schließlich ein Brennstoffzellensystem 50 dargestellt, in dem eine wie vorstehend beschriebene erfundungsgemäße Schaltungsanordnung 10 vorgesehen ist. Das Brennstoffzellensystem 50 weist eine Anzahl von Brennstoffzellen 51 auf. Im vorliegenden Beispiel sind der Einfachheit halber nur drei Brennstoffzellen 51 dargestellt. In der Praxis weisen derartige Brennstoffzellensysteme 50 in der Regel eine Anzahl von Brennstoffzellenmodulen auf, wobei jedes Brennstoffzellenmodul üblicherweise aus einer Anzahl von Brennstoffzellen besteht, die zu sogenannten Brennstoffzellen-Stacks zusammengefasst sind. Solche Brennstoffzellensysteme 50 können beispielsweise verwendet werden, um elektrische Energie zum Betrieb eines elektrischen Antriebs in einem Kraftfahrzeug oder dergleichen bereitzustellen. Die einzelnen Brennstoffzellen 51 sind mit Zuleitungen 52 und Ableitungen 53 verbunden, über die ein geeigneter Brennstoff und ein geeignetes Oxidationsmittel zugeführt beziehungsweise abgeführt wird. Der Einfachheit halber sind die Leitungen für den Brennstoff und die Leitungen für das Oxidationsmittel nicht separat voneinander dargestellt worden. Die einzelnen Brennstoffzellen 51 können als sogenannte PEM-Brennstoffzellen ausgebildet sein und verfügen über eine Kathode, eine Anode sowie eine dazwischen liegende Membran. Um bei Vorhandensein von schädlichen Kohlenmonoxid-Konzentrationen oder anderen Stoffen in den Brennstoffzellen 51 eine Entgiftung herbeiführen zu können, sind die einzelnen Brennstoffzellen 51 mit einer wie vorstehen beschriebenen Schaltungsanordnung 10 verbunden, über die im wesentlichen rechteckförmige Spannungspulse 40 auf die Anoden der Brennstoffzellen 51 aufgeprägt werden können. Die zur Erzeugung der Spannungspulse 40

Pulsgenerator 30 verwendet wird. Auf ähnliche Weise können die von der Schaltungsanordnung 10 erzeugten Spannungspulse 40 auf die Brennstoffzellen 51 aufgeprägt werden. Dazu werden die Spannungspulse 40 über die von der Schaltungsanordnung 10 abführende elektrische Leitung 32 einem Schaltelement 59 und über entsprechende elektrische Verbindungsleitungen 60, die mit dem Schaltelement 59 verbunden sind, den jeweiligen Brennstoffzellen 51 aufgeprägt. Durch die Verwendung eines solchen Schaltelements 59 wird es möglich, dass einzelne Brennstoffzellen 51 gezielt mit den Spannungspulsen 40 beaufschlagt werden können.

10

In Figur 4 ist weiterhin eine von der Brennstoffzelle 51 völlig unabhängige Spannungsquelle 54 (z.B. elektrische Batterie) dargestellt. Die Batterie 54 ist über eine elektrische Verbindungsleitung 57 und ein Schaltelement 58 mit der Schaltungsanordnung 10 verbunden.

15

Nachfolgend wird nun die Funktionsweise der vorstehend beschriebenen Anordnung erläutert. Insbesondere während der Startphase des Brennstoffzellensystems 50 kann die Situation auftreten, dass die einzelnen Brennstoffzellen 51 noch nicht in ausreichender Menge elektrische Energie erzeugen, dennoch aber die einzelnen Brennstoffzellen 51 mit zu hohen Kohlenmonoxid-Konzentrationen belastet werden. Um auch in diesem Zustand eine Entgiftung der Brennstoffzellen 51 erreichen zu können, ist die Batterie 54 vorgesehen. Diese Batterie 54 stellt dann insgesamt die elektrische Energie zur Verfügung, die zur Erzeugung der Spannungspulse erforderlich ist, die auf die einzelnen Brennstoffzellen 51 aufgeprägt werden sollen. Durch eine entsprechende Schaltung des Schaltelements 58 wird die von der Batterie 54 erzeugte Spannung auf die Schaltungsanordnung 10 geschaltet. Die Schaltungsanordnung 10 kann dann unmittelbar die Spannungspulse erzeugen, die den einzelnen Brennstoffzellen 51 aufgeprägt werden, so dass diese auf Grund einer Änderung des Brennstoffzellenpotenzials, das zu einer Oxidation des Kohlenmonoxids führt, entgiftet werden. Wenn die Brennstoffzellen 51 genügend elektrische Energie erzeugen, so dass die Erzeugung der Spannungspulse 40 über die von den Brennstoffzellen 51 erzeugte elektrische Energie erfolgen kann, kann das Schaltelement 58 so geschaltet werden (wie in Fig. 4 gezeigt), dass die Erzeugung der Spannungspulse 40 über die Schaltungsanordnung 10 erfolgt.

35

Alternativ könnte die Spannungsquelle 54 auch über ein Schaltelement unmittelbar an die Leitung 32 angeschlossen werden, sofern sie zur Erzeugung von Spannungspulsen eingerichtet ist, und so die Spannungspulse auf die Brennstoffzellen 51 aufprägen.

5

Durch die Verwendung der Schaltelemente 56 und 59 wird es möglich, dass die einzelnen Brennstoffzellen 51, beziehungsweise die einzelnen Brennstoffzellenmodule, unabhängig voneinander mit Spannungspulsen 40 beaufschlagt werden können.

Würden alle Brennstoffzellen 51 gleichzeitig mit den Spannungspulsen 40

10

beaufschlagt, würde dies zu einem kurzzeitigen Totalausfall des

Brennstoffzellensystems 50 führen, was von erheblichem Nachteil ist. Durch die Tatsache, dass nur einzelne Brennstoffzellen 51 beziehungsweise

Brennstoffzellenmodule mit Spannungspulsen 40 beaufschlagt werden, während die restlichen Brennstoffzellen 51 beziehungsweise Brennstoffzellenmodule im

15

Normalbetrieb weiterlaufen, wird erreicht, dass das gesamte Brennstoffzellensystem 50 nur einen minimalen, nicht spürbaren Leistungsabfall aufweist, wenn nur jeweils eine einzelne Brennstoffzellen 51 oder Brennstoffzellenmodule entgiftet werden.

Durch die Verwendung eines Schaltelements 56 wird auf der anderen Seite

20

sichergestellt, dass die Schaltungsanordnung 10 über die Brennstoffzellen 51 immer mit ausreichender elektrischer Energie versorgt wird. Wenn die für die

Schaltungsanordnung 10 erforderliche elektrische Energie über die Brennstoffzellen 51 selbst zur Verfügung gestellt wird, würde bei gleichzeitiger Aufprägung von

Spannungspulsen 40 auf alle Brennstoffzellen 51 die Situation auftreten, dass in

25

diesen während der Beaufschlagung mit den Spannungspulsen 40 ein Totalausfall auftrate beziehungsweise die Leistung der Brennstoffzellen 51 in erheblichem Maße reduziert würde. Dies hätte zur Folge, dass in diesen Zeiträumen keine

beziehungsweise nur eine geringe elektrische Leistung von den Brennstoffzellen 51 zur Verfügung gestellt werden könnte. Damit wäre jedoch die Schaltungsanordnung 10 nicht in der Lage, die für die Entgiftung erforderlichen Spannungspulse 40 zu

30

erzeugen. Durch eine entsprechende Auswahl beziehungsweise Stellung des Schaltelements 56 kann erreicht werden, dass die Schaltungsanordnung 10 immer von einer Brennstoffzelle 51 beziehungsweise einem Brennstoffzellenmodul mit

elektrischer Energie versorgt wird, die beziehungsweise das gerade nicht mit

35

Spannungspulsen beaufschlagt wird, also im Normalbetrieb arbeitet.

Die Stellung des Schalterelements 56 erfolgt vorzugsweise koordiniert mit der Stellung des Schalterelements 59, so dass immer solche Brennstoffzellen 51 beziehungsweise Brennstoffzellenmodule über das Schalterelement 56 mit der zur Schaltungsanordnung 5 10 hinführenden Leitung 31 verbunden sind, die gerade nicht über das Schalterelement 59 mit der von der Schaltungsanordnung 10 abführenden Leitung 32 verbunden sind.

**Bezugszeichenliste**

	10	=	Schaltungsanordnung
5	11	=	Ladekreis
	12	=	Entladekreis
	13	=	Kapazität
	14	=	Last
10	20	=	Schalteranordnung
	21	=	Treiberelement
	22	=	Transistor
	23	=	Transistor
15	30	=	Pulsgenerator
	31	=	elektrische Leitung (Zuleitung elektrischer Energie)
	32	=	elektrische Leitung (Ableitung der Spannungspulse)
	33	=	Schaltung
	34	=	Schaltung
20	35	=	Schalterelement
	36	=	Zählerbaustein
	37	=	Clock-Eingang
	38	=	Schalterelement
25	40	=	Spannungspuls (rechteckig)
	50	=	Brennstoffzellensystem
	51	=	Brennstoffzelle
	52	=	Brennstoff-/Oxidationsmittelzuleitung
30	53	=	Brennstoff-/Oxidationsmittelableitung
	54	=	elektrische Spannungsquelle (Batterie)
	55	=	elektrische Verbindungsleitung
	56	=	Schalterelement
	57	=	elektrische Verbindungsleitung
35	58	=	Schalterelement

59	=	Schalterelement
60	=	elektrische Verbindungsleitung
70	=	Anordnung zum Glätten
5		
71	=	Diode
72	=	Kapazität
73	=	Transistor
D	=	Pulsdauer
10		
A	=	Pulsabstand
F	=	Pulsfrequenz

**Patentansprüche**

1. Schaltungsanordnung zum Erzeugen von Spannungspulsen und zum Aufprägen der Spannungspulse auf eine Brennstoffzelle, mit einem Pulsgenerator (30) zum Erzeugen der Spannungspulse (40), einem mit dem Pulsgenerator (30) verbundenen Lade-/Entladekreis (11, 12), in dem wenigstens eine Brennstoffzelle (51) und wenigstens eine Kapazität (13) vorgesehen ist, und mit einer Schalteranordnung (20) zum Schalten des Lade-/Entladekreises (11, 12) in Bezug auf die Kapazität (13) während der Spannungspulsaufprägung in einen Ladekreis (11) und nach der Spannungspulsaufprägung in einen Entladekreis (12).
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in dem Entladekreis (12) eine Last (14) vorgesehen ist.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Last (14) als Lastwiderstand und/oder Spule und/oder nutzbarer elektrischer Verbraucher ausgebildet ist.
4. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Kapazität (13) als Ultra-Kondensator ausgebildet ist.
5. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Pulsgenerator (30) zur Erzeugung von im wesentlichen rechteckigen Spannungspulsen (40) ausgebildet ist.
6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Spannungspulse (40) eine variable Pulsdauer (D) und/oder einen variablen Pulsabstand (A) aufweisen.

7. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Pulsgenerator (30) eine Schaltung (33) zur Kalibrierung der Pulsdauer  
(D) der Spannungspulse (40) aufweist.
- 5
8. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Pulsgenerator (30) eine Schaltung (34) zum variablen Einstellen des  
Verhältnisses von Pulsdauer (D) zu Pulsabstand (A) der Spannungspulse (40)  
aufweist.
- 10
9. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7 oder 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Schaltung (33) und/oder die Schaltung (34) ein oder mehrere  
Potentiometer aufweist/aufweisen.
- 15
10. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Pulsgenerator (30) einen mit der Schaltung (33) verbundenen  
Zählerbaustein (36) aufweist.
- 20
11. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Pulsgenerator (30) ein Schalterelement (38) zum wahlweisen  
Umschalten zwischen der Schaltung (33) und der Schaltung (34) aufweist.
- 25
12. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Schalteranordnung (20) ein Treiberelement (21) und einen oder  
mehrere Transistoren (22, 23) aufweist.
- 30
13. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass im Entladekreis (12) eine Anordnung (70) zum Glätten des während der

Entladung der Kapazität (13) über die Last (14) abgegebenen elektrischen Stroms vorgesehen ist.

14. Schaltungsanordnung nach Anspruch 13,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Anordnung zum Glätten eine Diode (71) und eine dazu in Reihe geschaltete Kapazität (72) aufweist.
15. Schaltungsanordnung nach Anspruch 13,  
10 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Anordnung zum Glätten eine Kapazität (72) und einen dazu in Reihe geschalteten Transistor (73) aufweist.
16. Brennstoffzellensystem, mit einer oder mehreren Brennstoffzellen (51) und einer  
15 Schaltungsanordnung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, zum Erzeugen von Spannungspulsen (40) und zum zumindest zeitweiligen Aufprägen der Spannungspulse (40) auf die Brennstoffzelle(n) (51).
17. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 16,  
20 dadurch gekennzeichnet,  
dass der Pulsgenerator (30) zum Bezug der zur Erzeugung der Spannungspulse (40) benötigten elektrischen Energie mit einer oder mehreren Brennstoffzellen (51) verbunden ist.
- 25 18. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 16 oder 17,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Pulsgenerator (30) zum Bezug der zur Erzeugung der Spannungspulse (40) benötigten elektrischen Energie mit einer von der brennstoffzelle (51) unabhängigen Spannungsquelle(54), insbesondere einer elektrischen Batterie verbunden ist.
- 30 19. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 16 bis 18,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass mehrere Brennstoffzellenmodule mit jeweils mehreren Brennstoffzellen (51) vorgesehen sind.

20. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 19,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die von der Schaltungsanordnung (10) erzeugten Spannungspulse (40)  
auf jedes Brennstoffzellenmodul unabhängig von anderen  
Brennstoffzellenmodulen aufprägbar sind.  
5
21. Verwendung eines Brennstoffzellensystem (50) nach einem der Ansprüche 14  
bis 18, insbesondere in einem Fahrzeug.

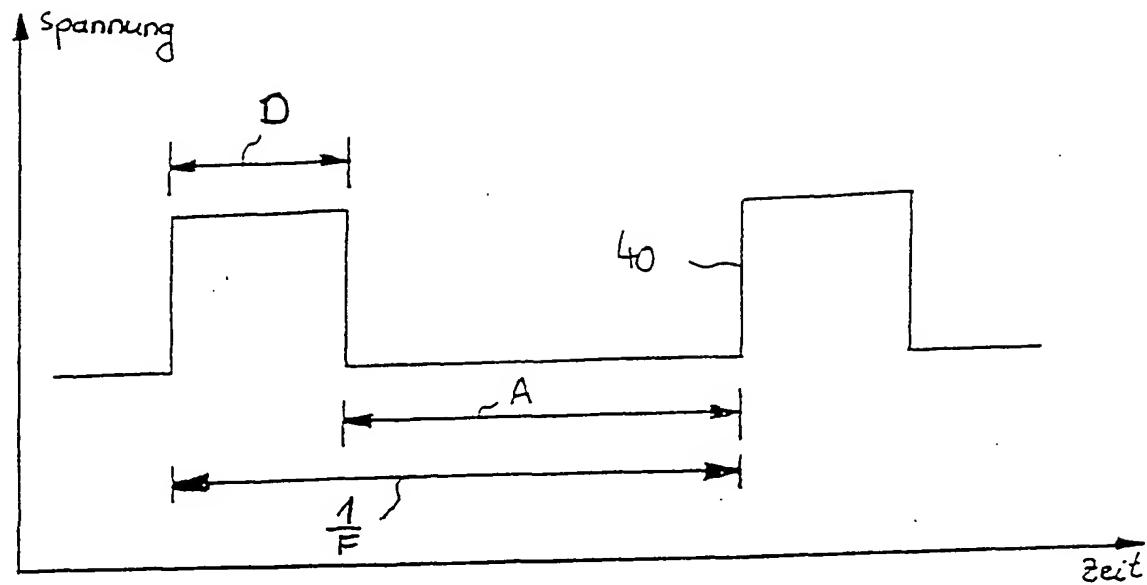


Fig. 1

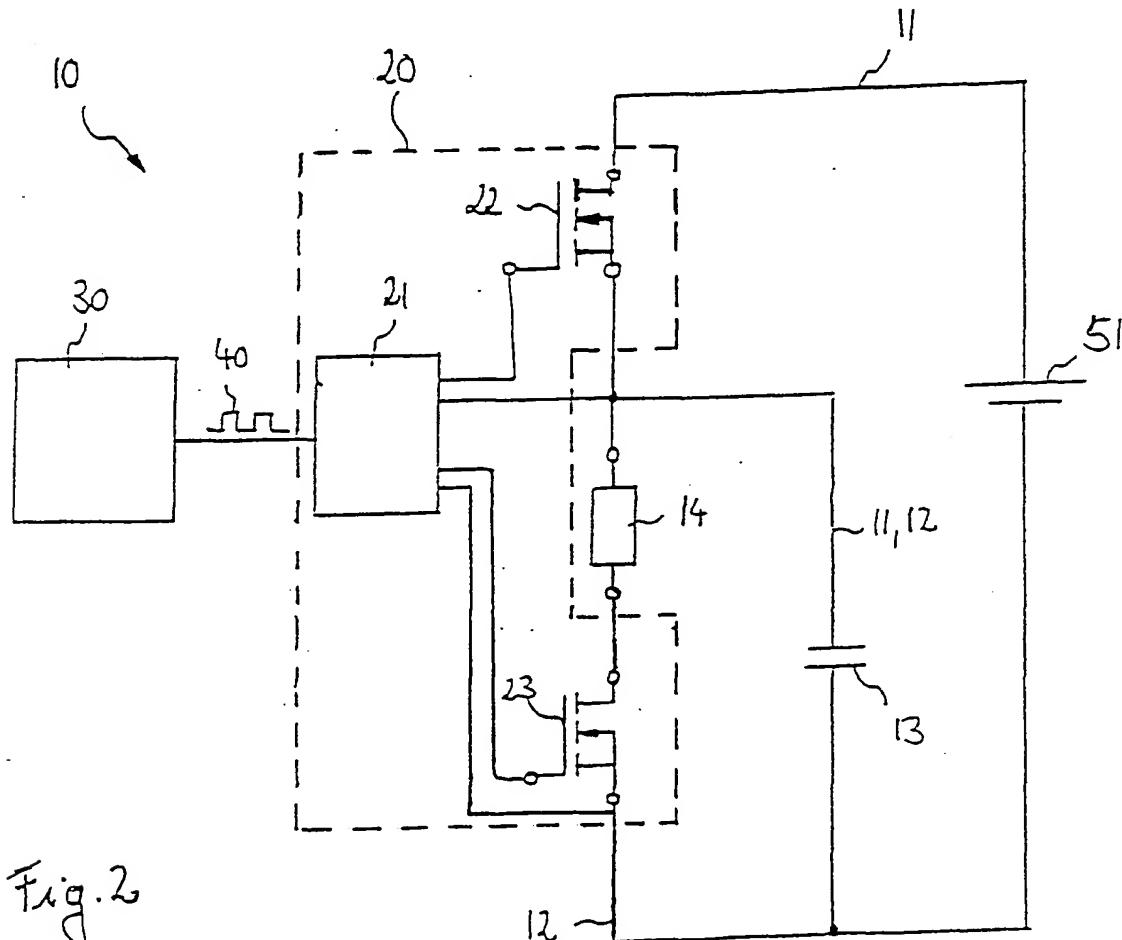


Fig. 2

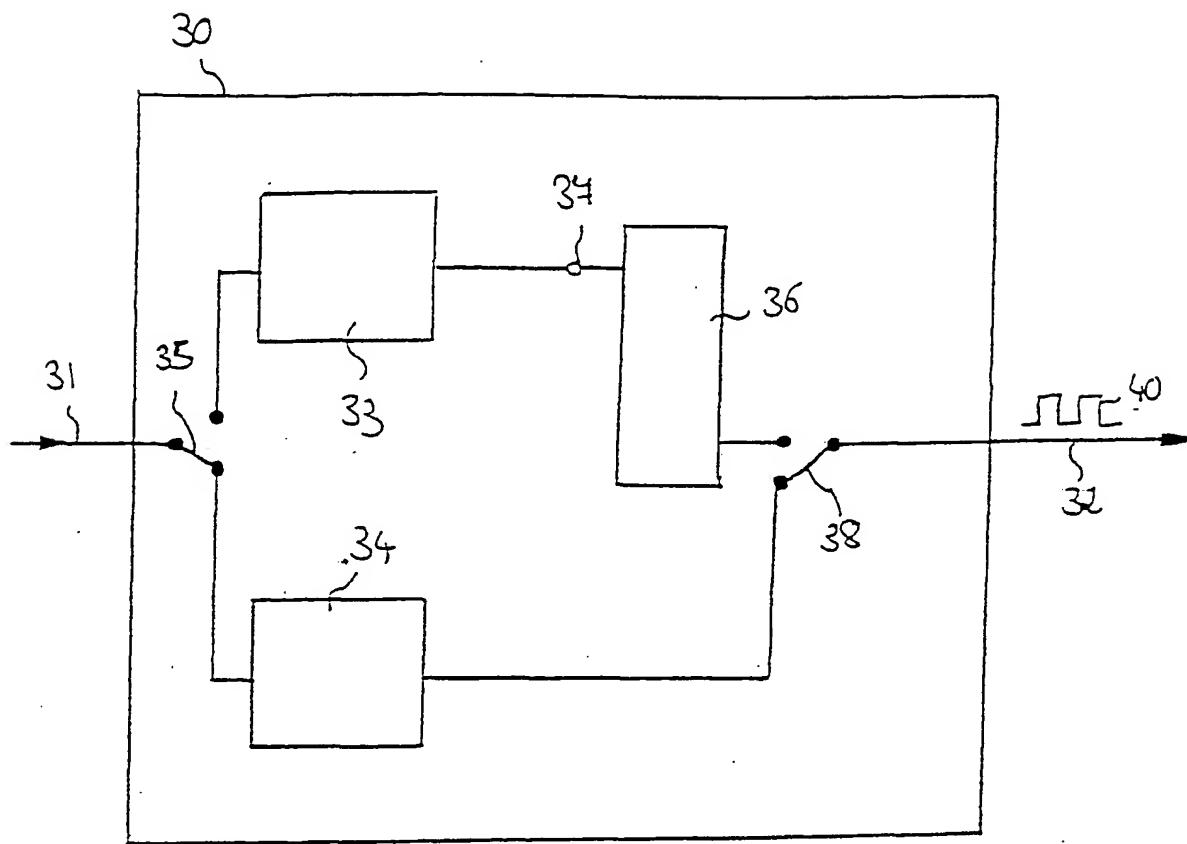


Fig. 3

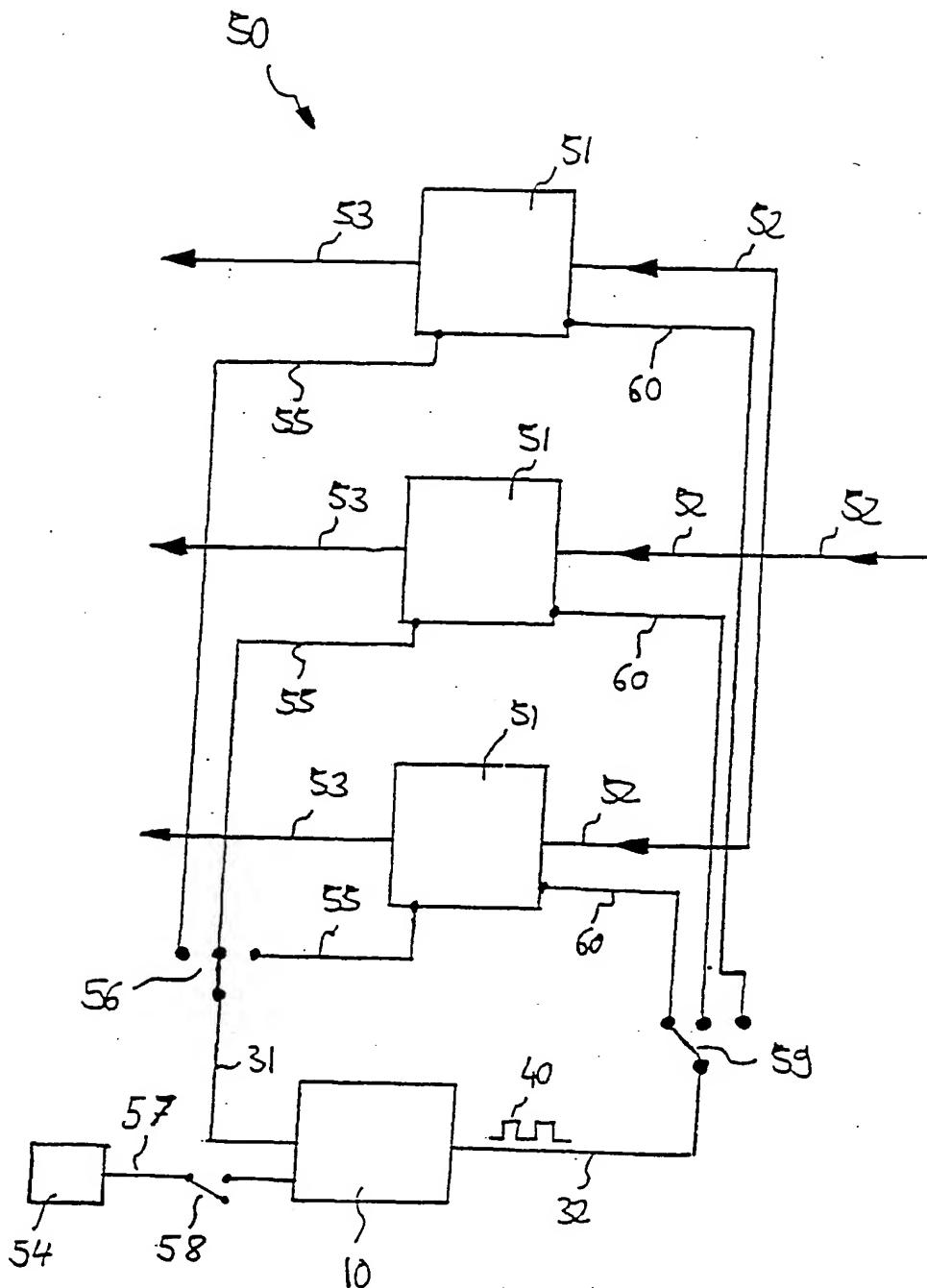


Fig. 4

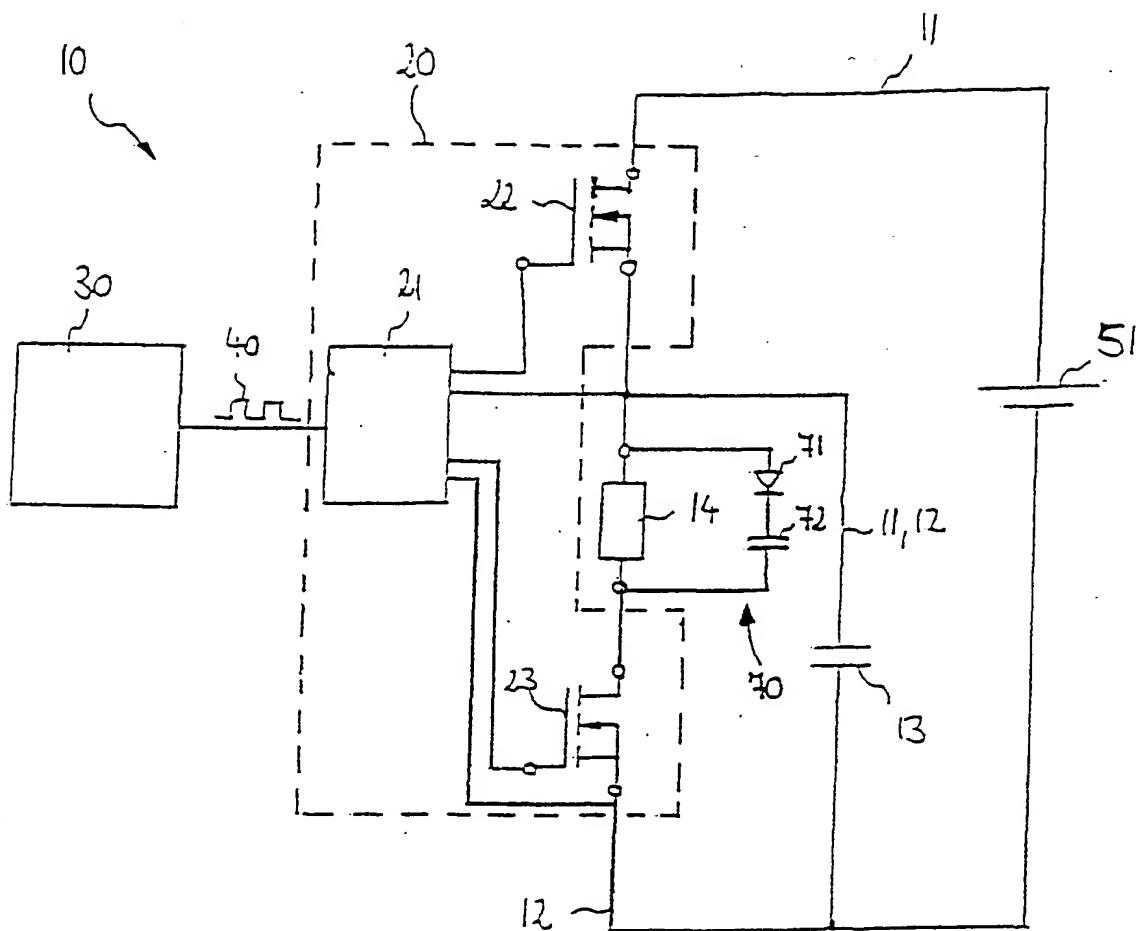


Fig. 5

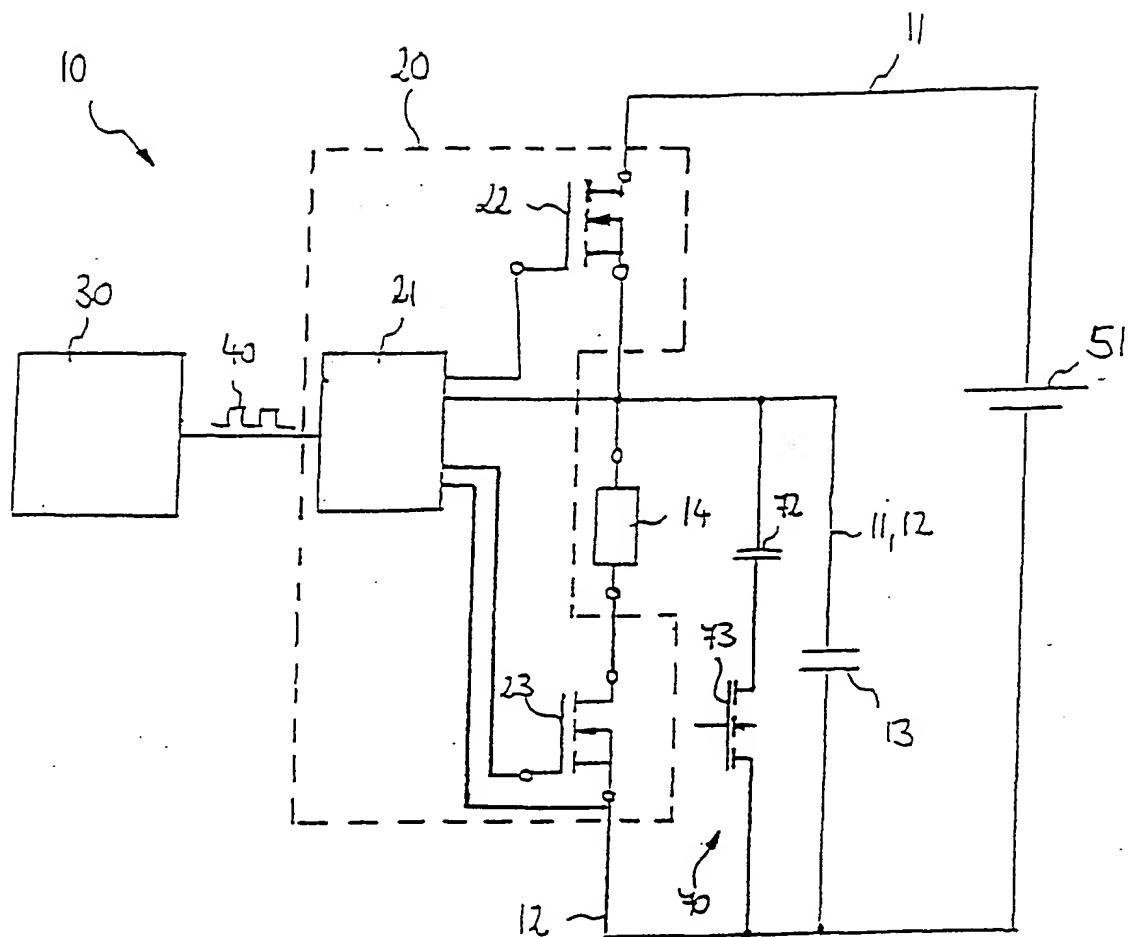


Fig. 6

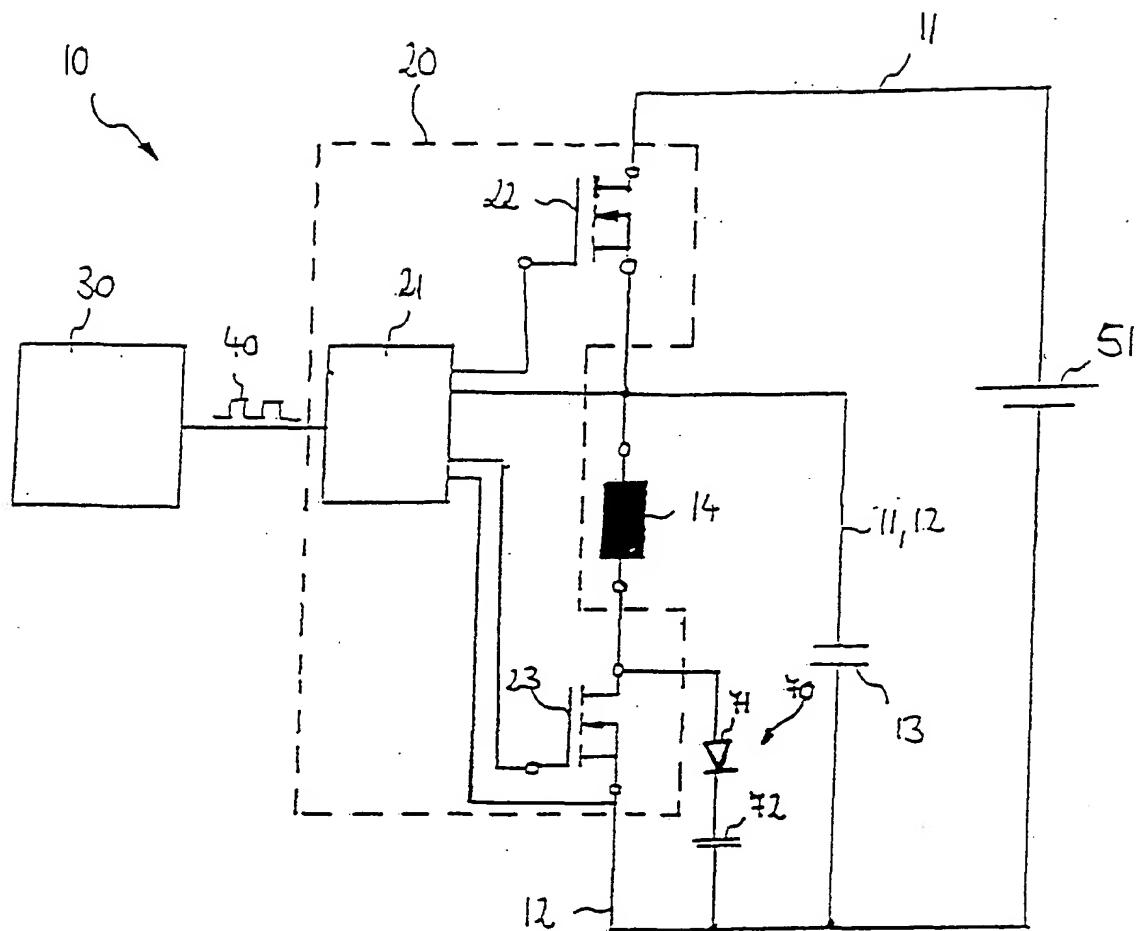


Fig. 7

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 01/01455A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01M8/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 701 294 A (BRITISH GAS PLC) 13 March 1996 (1996-03-13) claims 1,10-17,20,23; figure 3 column 3, line 34-58 column 4, line 25 -column 5, line 13 abstract	1-3,16, 18,19
A	DE 197 10 819 C (KERNFORSCHUNGSSANLAGE JUELICH) 2 April 1998 (1998-04-02) cited in the application abstract column 1, line 59 -column 2, line 58 claim 1	1,16,18

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 August 2001

Date of mailing of the international search report

31/08/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Reich, C

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 300 345 A (ERNEST H. LYONS) 24 January 1967 (1967-01-24) claims 1,2,4,6-8 column 9, line 47 -column 10, line 2 figure 16 ---	1,16,18
A	FEDKIW P S ET AL: "PULSED-POTENTIAL OXIDATION OF METHANOL" JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY, ELECTROCHEMICAL SOCIETY. MANCHESTER, NEW HAMPSHIRE, US, vol. 135, no. 10, 1 October 1988 (1988-10-01), pages 2459-2465, XP002069148 ISSN: 0013-4651 abstract page 2459, left-hand column, line 31-49 ---	1,16
P,A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 11, 3 January 2001 (2001-01-03) & JP 2000 233905 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 29 August 2000 (2000-08-29) abstract ---	1,16,18

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 01/01455

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
EP 0701294 A	13-03-1996	CA	2150082	A,C	17-12-1995
		GB	2290409	A,B	20-12-1995
		JP	8007905	A	12-01-1996
		US	5601936	A	11-02-1997
DE 19710819 C	02-04-1998	AU	725835	B	19-10-2000
		AU	7034398	A	12-10-1998
		WO	9842038	A	24-09-1998
		EP	0968541	A	05-01-2000
US 3300345 A	24-01-1967	NONE			
JP 2000233905 A	29-08-2000	NONE			

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H01M8/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationsymbole)  
IPK 7 H01M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 701 294 A (BRITISH GAS PLC) 13. März 1996 (1996-03-13) Ansprüche 1,10-17,20,23; Abbildung 3 Spalte 3, Zeile 34-58 Spalte 4, Zeile 25 - Spalte 5, Zeile 13 Zusammenfassung ---	1-3,16, 18,19
A	DE 197 10 819 C (KERNFORSCHUNGSSANLAGE JUELICH) 2. April 1998 (1998-04-02) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 59 - Spalte 2, Zeile 58 Anspruch 1 ---	1,16,18

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmelde datum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmelde datum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmelde datum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
22. August 2001	31/08/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Reich, C
---	---

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 3 300 345 A (ERNEST H. LYONS) 24. Januar 1967 (1967-01-24) Ansprüche 1,2,4,6-8 Spalte 9, Zeile 47 -Spalte 10, Zeile 2 Abbildung 16 ---	1,16,18
A	FEDKIW P S ET AL: "PULSED-POTENTIAL OXIDATION OF METHANOL" JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY, ELECTROCHEMICAL SOCIETY. MANCHESTER, NEW HAMPSHIRE, US, Bd. 135, Nr. 10, 1. Oktober 1988 (1988-10-01), Seiten 2459-2465, XP002069148 ISSN: 0013-4651 Zusammenfassung Seite 2459, linke Spalte, Zeile 31-49 ---	1,16
P,A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 11, 3. Januar 2001 (2001-01-03) & JP 2000 233905 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 29. August 2000 (2000-08-29) Zusammenfassung -----	1,16,18

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/01455

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0701294	A	13-03-1996	CA	2150082 A,C	17-12-1995
			GB	2290409 A,B	20-12-1995
			JP	8007905 A	12-01-1996
			US	5601936 A	11-02-1997
DE 19710819	C	02-04-1998	AU	725835 B	19-10-2000
			AU	7034398 A	12-10-1998
			WO	9842038 A	24-09-1998
			EP	0968541 A	05-01-2000
US 3300345	A	24-01-1967	KEINE		
JP 2000233905	A	29-08-2000	KEINE		